6К

УДК 621.317.7

В.П. Куценко[1,2], С.П. Сергієнко[3], М.Ф. Трегубов[1], В.А. Сидоренко[2]
[1] Науково-виробниче підприємство «Кварсит»,
Укроборонпром, м. Костянтинівка, Україна
Україна, 85104, м. Костянтинівка, Донецької обл., вул. Шмідта, 20
[2] Донецький національний технічний університет,
МОНМС, м. Донецьк, Україна
Україна, 83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58
[3] Донецький національний університет,
МОНМС, м. Донецьк, Україна
Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Університетська, 24

Оптимізація параметрів вхідних вузлів НЗВЧ-радарних систем в умовах низькоінтенсивних сигналів

V.P. Kutsenko[1,2], S.P. Sergienko[3], N.F. Tregubov[1], A.V. Sidorenko[2]
Scientific Production Enterprise of "Kvarsit",
Ukroboronprom, Konstantinovka, Ukraine
Ukraine, 85104, Konstantinovka, Donetsk obl., Shmidta st, 20
[2]- the Donetsk National Technical University,
MONMS, Donetsk, Ukraine
Ukraine, 83000, Donetsk, street of Artem, 58
[3]- the Donetsk national university, c. Donetsk, Ukraine
Ukraine, 83001, Donetsk, a street is University, 24

Optimization of Parameters for Entrance Knots of the UHP-Radar Systems in the Conditions of Low Intensive Signals

В.П. Куценко[1,2], С.П. Сергиенко[3], Н.Ф. Трегубов[1], В.А. Сидоренко[2]
[1] Научное-производственное предприятие «Кварсит»,
Укроборонпром, г. Константиновка, Украина
Украина, 85104, г. Констянтиновка, Донецкой обл., ул. Шмидта, 20
[2] Донецкий национальный технический университет,
МОНМС, г. Донецк, Украина
Украина, 83000, г. Донецк, ул. Артема, 58
[3] Донецкий национальный университет,
МОНМС, г. Донецк, Украина
Украина, 83001, г. Донецк, ул. Университетская, 24

Оптимизация параметров входных узлов КВЧ-радарных систем в условиях низкоинтенсивных сигналов

Розглянуто роботу радарної системи неруйнівного контролю технологічних параметрів виробів. Розроблений алгоритм її оптимального управління. За допомогою матричного аналізу і програми Mathcad проведена оптимізація режимів роботи і параметрів вхідних вузлів системи, розраховані амплітуди нормованих відбитих хвиль, максимальне значення відношення «сигнал – шум», отримані оптимальні параметри спрямованого хвилевидного відгалужувача.

Ключові слова: радіометрія, неруйнівний контроль, електромагнітне випромінювання, вимір, оптимізація параметрів, вхідні вузли.

Work of the radar non-destructive checking of technological parameters of wares system is considered. The algorithm of its optimum management is developed. By a matrix analysis and program Mathcad, optimization of the modes is conducted; robots and parameters of entrance knots of the system, amplitudes of the rationed reflected waves are expected; maximal value of relation a “signal to noise”, the optimum parameters of the directed waveguide coupler are got.
Key Words: radiometry, non-destructive control, electromagnetic radiation, measuring, optimization of parameters, entrance knots.

Рассмотрена работа радарной системы неразрушающего контроля технологических параметров изделий. Разработан алгоритм ее оптимального управления. С помощью матричного анализа и программы Mathcad проведена оптимизация режимов роботы и параметров входных узлов системы, рассчитаны амплитуды нормированных отраженных волн, максимальное значение отношения «сигнал – шум», получены оптимальные параметры направленного волноводного ответвителя.
Ключевые слова: радиометрия, неразрушающий контроль, электромагнитное излучение, измерение, оптимизация параметров, входные узлы.

Вступ

В останні роки для забезпечення якості продукції у період виробництва все більше уваги приділяється неруйнівним радіохвильовим методам контролю [1]. За рівнем потужності низькоінтенсивного надзвичайно високочастотного (НЗВЧ) сигналу зовнішнього випромінювання, що відбивається від досліджуваного матеріалу, можна контролювати вироби безпосередньо на робочому місці, що створює переваги даних методів контролю [2], [3]. Схемні рішення випробувальної апаратури реалізуються радарним методом з використанням високочутливих приймальних систем, побудованих найчастіше за принципом радіометрів з періодичним порівнянням [4].

При аналізі даних структурних схем видно, що більшу частину схеми радіометрів складають низькочастотні ланцюги, а значно меншу – високочастотні. У той же час дослідження похибок вимірювання цих систем показує протилежну ситуацію – більшу частину похибок вносять високочастотні ланцюги, а меншу – низькочастотні [5]. Тому одною з головних проблем, що стоять перед розробниками високочутливої радіометричної апаратури НЗВЧ-діапазону є забезпечення необхідної точності вимірювання параметрів низькоінтенсивних сигналів, а отже і необхідної завадозахищеності, що вимагає оптимізації параметрів роботи вхідних НЗВЧ-вузлів схеми як основних джерел похибок вимірювань.

Задача дослідження полягає у проведенні оптимізації параметрів вхідних вузлів НЗВЧ-радіометрів, що вимірюють сигнали, рівень потужності яких порівняємо з власними паразитними шумами цих вхідних елементів.

Основна частина

Розвиток елементної бази техніки дозволяє сьогодні розробляти системи неруйнівного радарного контролю виробів із діелектричних матеріалів, які здатні забезпечити підвищення якості продукції і рентабельності виробництва.

На рис. 1 наведена система неруйнівного радарного контролю технологічних параметрів виготовлених виробів [6].

Сигнал генератора G1 через замкнутий ланцюг кодокерованого комутаційно-модуляційного перемикача (КМП) S1, кодокерований атенюатор A3 і вентиль A2 надходить на амплітудний модулятор U1, що управляється прямокутною напругою низької частоти від мікроЕОМ через подільник частоти U6. Коли модулятор відкритий, генерований сигнал через спрямований хвилеподібний відгалужувач (СХВ) A1

надходить до антени X1 і випромінюється в напрямку об’єкта дослідження, частина випромінюваного сигналу через СХВ A1 надходить на вхід змішувача U3, а на другий його вхід подається сигнал від кодокерованого гетеродина G3. У результаті змішування сигналів утворюються коливання різницевої проміжної частоти, які перетворюються низькочастотними елементами схеми. Коли амплітудний модулятор U1 закривається, то сигнал кодокерованого генератора G1 відбивається від модулятора і поглинається у вентилі A2. Сигнал, прийнятий широкосмуговой антеною X1 від об’єкта дослідження, відбивається від закритого модулятора U1, і через СХВ A1 надходить на вхід змішувача U3, а при відкритому модуляторі U1 надходить на вентиль A2, у якому поглинається.

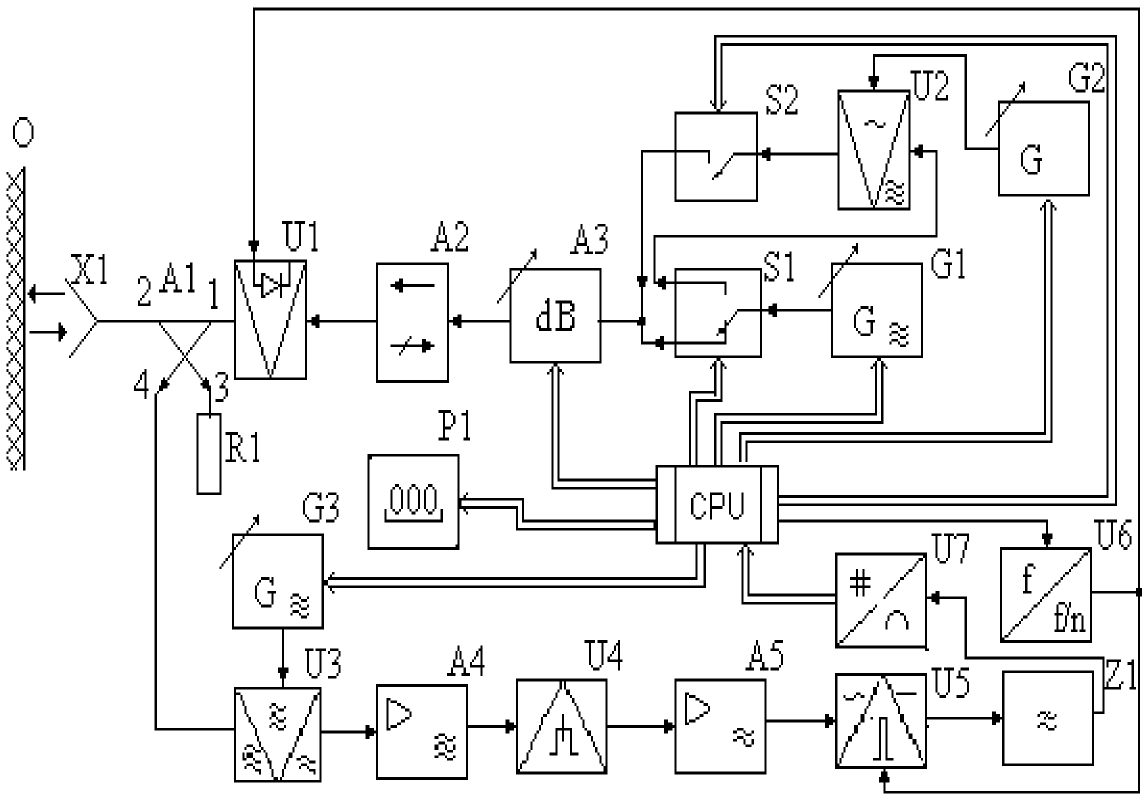


Рисунок 1 – Система неруйнівного контролю технологічних параметрів виготовлених виробів

Оскільки передбачається, що система може використовуватися для дослідження параметрів як фізичних, так і біологічних об’єктів, то інтенсивність електромагнітного опромінювання передбачається в ньому мінімальною і встановлюється на рівні радіотеплового випромінювання об’єктів ($10^{-12}...10^{-15}$ Вт).

Дисперсія прийнятого сигналу при дослідженні фізичного об’єкта буде визначатися його власним радіотепловим випромінюванням, яку можна записати:

$$\overline{U_o}^2 = \beta S_{X1} k T_O \Delta f_1 , \qquad (1)$$

де S_{X1} – чутливість антени X1; β – коефіцієнт, що залежить від випромінювальної здатності джерела випромінювання; T_O – температура джерела випромінювання; Δf_1 –

смуга частот високочастотної частини вимірювача. А при дослідженні біологічного об'єкта його випромінюванням, що залежить від радіотеплових і метаболічних процесів, що відбуваються в біооб'єкті:

$$\overline{U}_O^2 = (\beta + \chi) S_{X1} k T_0 \Delta f_1 . \tag{2}$$

Якщо коефіцієнт передачі СХВ А1 позначити K_{A1}, то при закритому модуляторі U1 дисперсія вхідного сигналу змішувача U3 з обліком його власних шумів має вигляд:

$$\overline{U}_{U3}^2 = K_{A1} \overline{U}_0^2 + \overline{U}_{ШU3}^2 , \tag{3}$$

де $\overline{U}_{ШU3}^2$ – дисперсія власних шумів змішувача U3 з приведеними до його входу шумами інших елементів схеми.

При відкритому модуляторі U1 дисперсія вхідного сигналу змішувача U3 складе:

$$\overline{U}_{U3}^{2\,\prime} = K_{A1} K_{A3} \overline{U}_G^2 + \overline{U}_{ШU3}^2 , \tag{4}$$

де K_{A3} – сумарний коефіцієнт передачі ланцюга комутації і модуляції сигналу, атенюатора А3 і вентиля А2; $\overline{U}_G^2$ – дисперсія сигналу генератора G1.

Імпульси модульованого сигналу (3) і (4), перенесені на проміжну частоту, по черзі детектуються квадратичним детектором (КД) U4 і створюють на виході відеоімпульси з амплітудами:

$$U_{U4} = S_{U3} K_{A4} S_{U4} (K_{A1} \overline{U}_0^2 + \overline{U}_{ШU3}^2) , \tag{5}$$

$$U_{U4}' = S_{U3} K_{A4} S_{U4} (K_{A1} K_{A3} \overline{U}_G^2 + \overline{U}_{ШU3}^2) , \tag{6}$$

де S_{U3} – крутість перетворення змішувача U3; K_{A4} – коефіцієнт підсилення підсилювача проміжної частоти (ППЧ) А4; S_{U4} – крутість перетворення КД U4.

Підсилювачем А5 низкою частоти (ПНЧ) підсилюється змінна складова послідовності відеоімпульсів (5) і (6) з амплітудою:

$$U_{A5} = K_{A5} \frac{U_{U4} - U_{U4}'}{2} = K_{A1} S_{U3} K_{A4} S_{U4} K_{A5} \frac{\overline{U}_0^2 - K_{A3} \overline{U}_G^2}{2} , \tag{7}$$

де K_{A5} – коефіцієнт підсилення ПНЧ А5.

Посилена змінна напруга U_{A5} (7) випрямлюється синхронним детектором (СД) U5, що управляється низькочастотною напругою від мікроЕОМ, згладжується фільтр нижніх частот (ФНЧ) Z1 і через аналого-цифровий перетворювач (АЦП) U7, мікроЕОМ фіксується кодокерованим індикатором Р1.

Зміною режиму роботи генератора G1, режиму модуляції його сигналів від генератора G2 і частоти проходження імпульсів цих модульованих сигналів за допомогою мікроЕОМ можна забезпечити дослідження властивостей об'єктів.

Аналіз роботи радіометричної системи неруйнівного контролю технологічних параметрів виготовлених виробів дозволяє оптимізувати її управління (рис. 2).

Завдання, що виникли при проектуванні вхідних вузлів радіометричної системи неруйнівного контролю технологічних параметрів виготовлених виробів, а зокрема спрямованого хвилеподібного відгалужувача, вимагають для свого вирішення вживання нових методів аналізу і синтезу як всієї системи в цілому, так і окремих її вузлів. Для проведення таких розрахунків в умовах низькоінтенсивних сигналів підійде матричний ана-

ліз і програма Mathcad. Це новий, активно впроваджуваний підхід, який стає інструментом проектування, істотно збільшуючи швидкість розробки нових НЗВЧ-пристроїв [7].

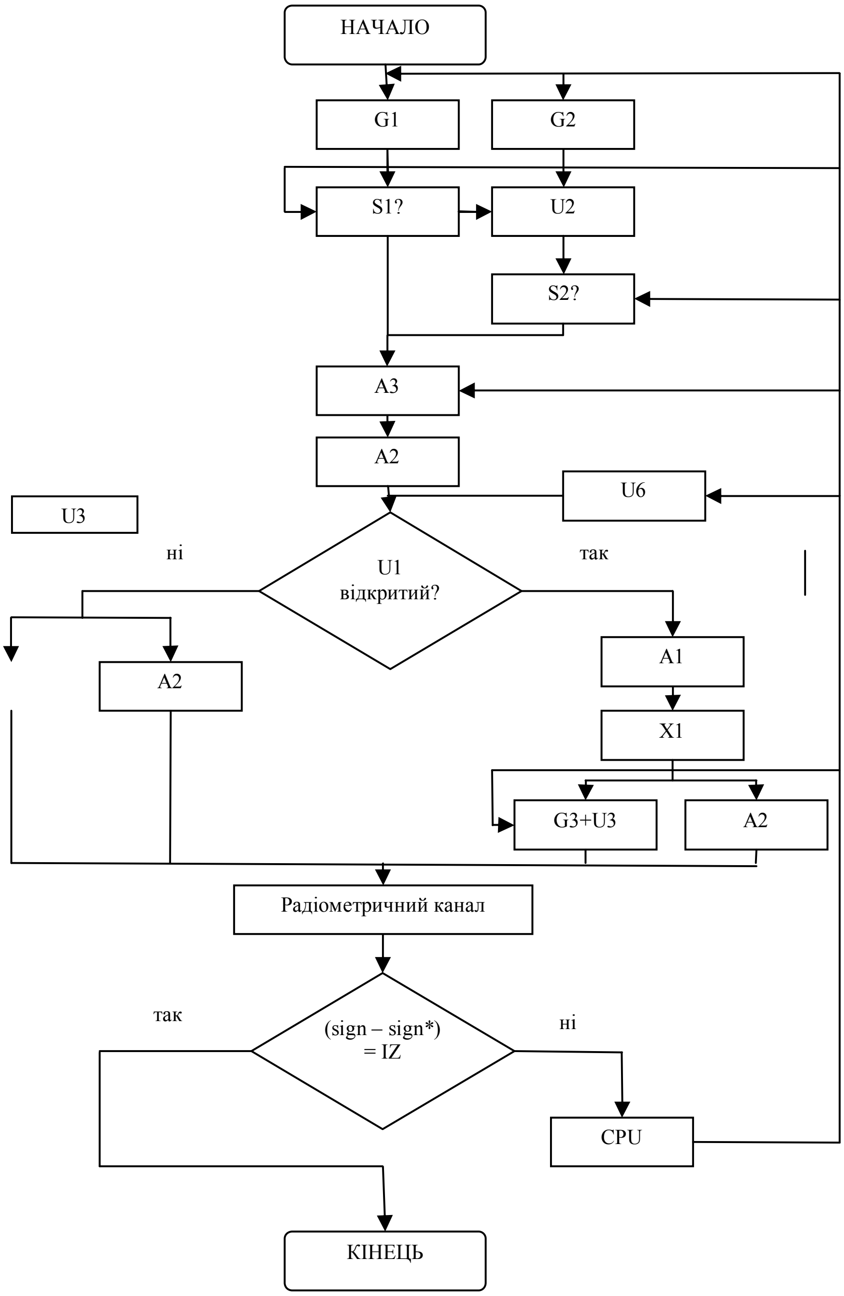


Рисунок 2 – Алгоритм оптимального управління радіометричною системою неруйнівного контролю технологічних параметрів виготовлених виробів

Для спрощення відліку сигналу на плечах СХВ А1 будемо здійснювати в моменти часу, що відповідають знаходженню модулятора U1 у свідомо стаціонарному стані, записи *i*-го стану модулятора поставимо у відповідність до *i*-го значення параметрів узагальненого восьмиполюсника $S_{mn}^{(i)}$.

Визначимо залежність вихідних сигналів СХВ як восьмиполюсника – від параметрів елементів матриці розсіювання $S_{mn}^{(i)}$, коефіцієнтів відбиття і електричних ком-

понентів шумових корисних і паразитних сигналів відповідно до антени, еквівалентного опору, модулятора і змішувача Γ_A, $\Gamma_{\text{Rн}}$, Γ_1, Γ_4, E_A, E_{Rn} , E_1 і E_4:

$$\begin{cases} b_1{}^{(i)} = S_{11}{}^{(i)}a_1{}^{(i)} + S_{12}{}^{(i)}a_2{}^{(i)} + S_{13}{}^{(i)}a_3{}^{(i)} + S_{14}{}^{(i)}a_4{}^{(i)}, \\ b_2{}^{(i)} = S_{21}{}^{(i)}a_1{}^{(i)} + S_{22}{}^{(i)}a_2{}^{(i)} + S_{23}{}^{(i)}a_3{}^{(i)} + S_{24}{}^{(i)}a_4{}^{(i)}, \\ b_3{}^{(i)} = S_{31}{}^{(i)}a_1{}^{(i)} + S_{32}{}^{(i)}a_2{}^{(i)} + S_{33}{}^{(i)}a_3{}^{(i)} + S_{34}{}^{(i)}a_4{}^{(i)}, \\ b_4{}^{(i)} = S_{41}{}^{(i)}a_1{}^{(i)} + S_{42}{}^{(i)}a_2{}^{(i)} + S_{43}{}^{(i)}a_3{}^{(i)} + S_{44}{}^{(i)}a_4{}^{(i)}. \end{cases} \tag{8}$$

де $a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}, a_4^{(i)}$ – нормовані падаючі хвилі в плечах 1, 2, 3 і 4 СХВ А1, $b_1^{(i)}, b_2^{(i)}, b_3^{(i)}, b_4^{(i)}$ – нормовані відбиті хвилі відповідно в тих же плечах СХВ А1.

Граничні умови на полюсах узагальненого восьмиполюсника в *і*-му стаціонарному стані в цьому випадку записуються таким чином:

$$\begin{cases} a_1{}^{(i)} = E_1{}^{(i)} + b_1{}^{(i)}\Gamma_1{}^{(i)}, \\ a_2{}^{(i)} = E_A + b_2{}^{(i)}\Gamma_A, \\ a_3{}^{(i)} = E_{Rn} + b_3{}^{(i)}\Gamma_{Rn}, \\ a_4{}^{(i)} = E_4 + b_4{}^{(i)}\Gamma_4. \end{cases} \tag{9}$$

Система лінійних рівнянь алгебри (8) і (9) вирішувалася в програмі Mathcad методом Крамера. В результаті були отримані амплітуди нормованих відбитих хвиль. З метою оптимізації параметрів СХВ в умовах низькоінтенсивних сигналів складена цільова функція оптимізації пристрою, за яку було взято відношення «сигнал – шум» в змішувачі. Враховуючи що СХВ з прилеглими вхідними вузлами є лінійними і що корисний сигнал і шуми взаємно не корельовані розрахунок вкладу окремих джерел шумів проводився не залежно з подальшим підсумовуванням їх дисперсій. Розрахунок електричних компонентів власних шумів змішувача в СХВ вироблявся за формулою Найквіста, яка для нашого випадку набуває вигляду:

$$E_4(\lambda, e_4) = \left[4kT \cdot \frac{\rho \cdot \Delta f \cdot e_4}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}} \right]^{\frac{1}{2}}, \tag{10}$$

де e_4 – відносні активні втрати в змішувачі.; λ – длина хвилі; 2*a* – подвоєна ширина стінки хвилеводу; *k*– стала Больцмана; *T* – термодинамічна температура об'єкта; ρ – хвилевий опір середовища; Δ*f* – смуга прийому за проміжною частотою. Аналогічно розраховувалися і інші власні шуми: модулятора, еквівалентного опору і антени.

В результаті рішення задачі оптимізації (досягнення максимального значення відношення «сигнал – шум») були отримані оптимальні параметри СХВ і відстані від центру СХВ до неоднорідностей хвилевих переходів (при рішенні задачі необхідно для мінімізації похибок перетворення сигналу забезпечувати рівні всіх шумів, приведених до входу змішувача, для обох станів модулятора). Результати оптимізації параметрів СХВ в умовах низькоінтенсивних сигналів приведені в табл. 1 (*G* – модуль коефіцієнта відображення), де значення от 0 до 11 модулі (S_{nm}) и фази (φ_{nm})

коефіцієнтів матриці розсіювання симетричного восьмиполюсника СХВ [7], в тому числі 0 – $\varphi_{12;}$ 1 – S_{12}; 2 – S_{13}; 3 – $\varphi_{13;}$ 4 – S_{14}; 5 – $\varphi_{14;}$ 6 – S_{23}; 7 – $\varphi_{23;}$ 8 – $\varphi_{24;}$ 9 – S_{24}; 10 – $\varphi_{34;}$ 11 – S_{34}; от 12 до16 – двічі відстань від центральної оси СХВ до об'єкта відображення кратне довгі хвилі: 12 – g_a (антена), 13 – g_1 (модулятор), 14 – g_4 (змішувач), 15 – g_{Rn} (еквівалентний опір), 16 – λ (довга хвилі), G – модуль коефіцієнта відображення.

Таблиця 1 – Результати оптимізації параметрів СХВ радіометричної системи в умовах низькоінтенсивних сигналів

G =

	0
0	0.474
1	0.429
2	0.752
3	2.029
4	0.5
5	0.483
6	0.5
7	0.486
8	2.046
9	0.752
10	0.472
11	0.429
12	1.006
13	0.99
14	0.992
15	1
16	5

Проведена оптимізація параметрів СХВ в умовах низькоінтенсивних сигналів при закритому модуляторі показала, що найкращий ефект перетворення корисного сигналу від об'єкта дослідження в умовах сумірності його з власними шумами цих вузлів досягається при довжині хвилі 5 мм. У цій області, як видно з рис. 3, сумарний рівень шумів, приведених до входу змішувача, досягає мінімальних значень 10^{-13} Вт, при цьому рівень корисного сигналу (рис. 5) буде мати максимальні значення 1,41 10^{-13} Вт.

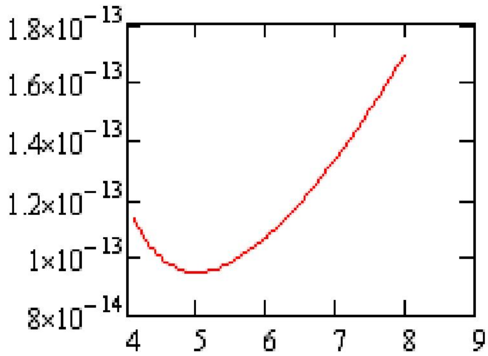


Рисунок 3 – Сумарні власні шуми вхідних НЗВЧ-вузлів схеми без корисного сигналу (Вт) залежно від довгої хвилі (мм)

Сумарний рівень власних шумів вхідних вузлів схеми, приведених до входу змішувача з корисним сигналом залежно від довгої хвилі зображене на рис. 4.

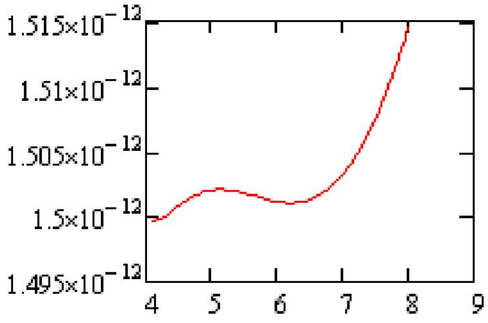


Рисунок 4 – Сумарний рівень власних шумів вхідних вузлів схеми, приведених до входу змішувача з корисним сигналом (Вт), залежно від довгої хвилі (мм)

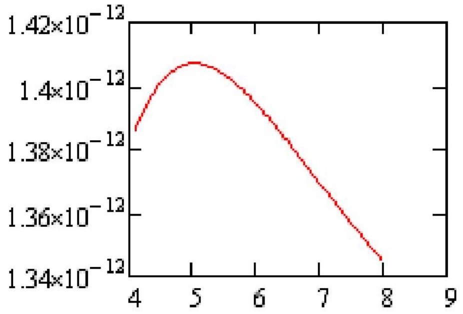


Рисунок 5 – Рівень корисного сигналу від об’єкта дослідження, приведеного до входу змішувача (Вт), залежно від довгої хвилі (мм)

Проте саме в цьому випадку удається отримати максимальне співвідношення «сигнал – шум» на вході змішувача за умови узгодженості імпедансу вимірюваного об’єкта (рис. 6).

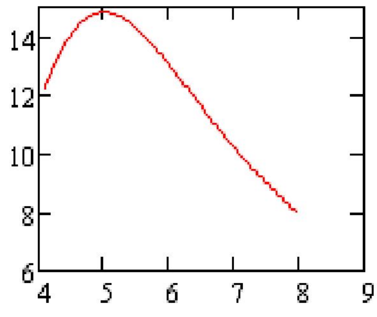


Рисунок 6 – Співвідношення «сигнал – шум» у відносних величинах на вході змішувача залежно від довгої хвилі (мм)

При цьому оптимізація відстані від антени до об’єкта буде мати вигляд (рис. 7), по вертикалі позначено відношення «сигнал – шум» у відносних одиницях, по горизонталі – відстань до об’єкта в мм.

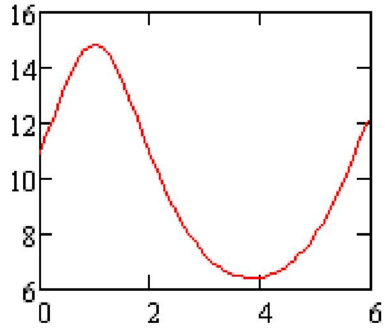


Рисунок 7 – Співвідношення «сигнал – шум» у відносних величинах на вході змішувача залежно від відстані «антена – об'єкт дослідження» в мм

Аналогічно проводиться оптимізація параметрів СХВ в умовах низькоінтенсивних сигналів і для стану відкритого модулятора.

У процесі оптимізації режимів роботи і параметрів вхідних вузлів системи за допомогою матричного аналізу і програми Mathcad розраховані амплітуди нормованих відбитих хвиль, максимальне значення відношення «сигнал – шум» і отримані оптимальні параметри СХВ.

Проведення оптимізації дозволяє збільшити швидкість розробки нових НЗВЧ-пристроїв, прогнозувати забезпечення точності роботи системи, що задається.

Висновки

Оптимізація параметрів вхідних НЗВЧ-вузлів радарної системи за допомогою матричного аналізу і програми Mathcad дозволила розрахувати амплітуди нормованих відбитих хвиль, максимальне значення відношення «сигнал – шум», отримати оптимальні параметри СХВ.

При рішенні задачі оптимізації параметрів вхідних НЗВЧ-вузлів радарної системи необхідно для мінімізації похибок перетворення сигналу з періодичним порівнянням забезпечувати рівні всіх шумів, приведених до входу змішувача, для обох станів модулятора.

Результати проведеної оптимізації дозволяють прогнозувати і забезпечувати підвищення точності роботи системи.

Використання розробленого алгоритму оптимального управління радіометричною системою неруйнівного контролю технологічних параметрів виготовлених виробів дозволить повністю автоматизувати керування параметрами системі, а також реалізувати необхідні режими роботи.

Розглянута радарна система може буті використана не лише для неруйнівного контролю технологічних параметрів виробів, а і для визначення ефективності використання мікрохвильової резонансної терапії.

Література

1. Куценко В.П. Методы и средства сверхвысокочастотной радиометрии / Куценко В.П., Скрипник Ю.А., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко А.Ф. – Донецьк : ІПШІ «Наука і освіта», 2011. – 324с.
2. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий : справочник. в 2-х кн. / [под ред. В.В. Клюева]. – М. : Машиностроение. – 1976. – Кн. 1. – 396 с.
3. Головко Д.Б. Сверхвысокочастотные методы и средства измерения физических величин : учебное пособие / Головко Д.Б., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. – К. : Лебедь, 2003. – С. 72 – 74
4. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / [Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф.,

Манойлов В.П., Куценко В.П.]. – Житомир : Волынь, 2003. – 408 с.
5. Куценко В.П. Аналіз підходів до розрахунків вхідних елементів НЗВЧ-радіометрів, як основних джерел похибок вимірювання низькоінтенсивних сигналів / В.П. Куценко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Вип. 20 (182). – Донецьк : ДонНТУ, 2012. – С. 199–205.
6. Патент №45091 (Україна), G01N22/00, G01R21/127, A61B5/05 Автоматизований контрольно-вимірювальний комплекс / Куценко В.П.– Опубл. 26.10.2009; Бюл. №20.
7. Силаев М.А. Приложение матриц и графов к анализу СВЧ устройств / М.А. Силаев, С.Ф. Брянцев. – М. : Изд. Сов. Радио, 1970. – 248 с.

Literatura

1. Kucenko V.P. Metody i sredstva sverhvysokochastotnoj radiometrii. Doneck: IPShI "Nauka i osvita". 2011. 324s.
2. Kljuev V.V. Priory dlja nerazrushajushhego kontrolja materialov i izdelij: Spravochnik. V 2-h kn. Kn.1. M.: Mashinostroenie. 1976. 396 s.
3. Golovko D.B. Sverhvysokochastotnye metody i sredstva izmerenija fizicheskih velichin: Uchebnoe posobie. - K.: Lebed'. 2003.
4. Skripnik Ju.A. Mikrovolnovaja radiometrija fizicheskih i biologicheskih ob'ektov. Zhitomir: "Volyn'". 2003. 408 s.
5. Kucenko V.P. Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehnichnogo universytetu. Serija "Obchisljuval'na tehnika ta avtomatyzacija". Vyp. 20 (182). Donec'k. DonNTU, 2012. S.199-205.
6. Patent №45091 (Ukraina), G01N22/00, G01R21/127, A61B5/05 Avtomatyzovanyj kontrol'no-vymirjuval'nyj kompleks. Opubl. 26.10.2009; Bjul. № 20.
7. Silaev M.A. Prilozhenie matric i grafov k analizu SVCh ustrojstv. M.: Izd. Sov. Radio. 1970. 248 s.

RESUME

V.P. Kutsenko, S.P. Sergienko, N.F. Tregubov, A.V. Sidorenko

Optimization of Parameters for Entrance Knots of the UHP-Radar Systems in the Conditions of Low Intensive Signals

Work of the radar non-destructive checking of technological parameters of wares system is considered. The algorithm of its optimum management is developed. By a matrix analysis and program Mathcad, optimization of the modes is conducted; robots and parameters of entrance knots of the system, amplitudes of the rationed reflected waves are expected; maximal value of relation a "signal to noise", the optimum parameters of the directed waveguide coupler are got.

The results of the conducted optimization allow providing accuracy of work of the system which is set.

The use of the developed algorithm of optimum management of non-destructive control of technological parameters of the made wares of the aerophare system will allow fully automating a management parameters of the system, and also realizing necessary mode work.

The considered radar system can be used not only for non-destructive control of technological parameters of wares but also for determination of efficiency of the use of microwave resonance therapy.

Стаття надійшла до редакції 02.08.2012..